Nexthosting

Studie · Gameservers

# Serverstresstest: hoeveel protocolbots dragen Vanilla, Paper, Purpur en Fabric met Lithium?

Vier serverprogramma's voor Minecraft en drie JVM-profielen, gemeten met protocolbots op een test-VM

GEEN OFFICIEEL MINECRAFT-PRODUCT. NIET GOEDGEKEURD DOOR OF GEASSOCIEERD MET MOJANG OF MICROSOFT.


| | |
|---|---|
| Soort studie | Eigen meting |
| Uitgever | Nexthosting |
| Auteurschap | Erik Friedl (ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2784-4314), Nexthosting |
| Versie | 1.0.0 van 22-11-2026 |
| Periode | 21-11-2026 tot 22-11-2026 |
| Steekproef | 18 van 18 Meetruns geëvalueerd |
| Licentie | CC BY 4.0 |
| Online versie | nexthosting.net/nl/onderzoeken/server-haertetest-minecraft |

# Inhoud


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Kernresultaten | 3 |
| 2 | Samenvatting | 4 |
| 3 | Resultaten | 4 |
| 4 | Methode | 10 |
| 5 | Steekproef en periode | 12 |
| 6 | Grenzen van wat de studie kan aantonen | 13 |
| 7 | Data en controleerbaarheid | 14 |
| 8 | Bronnen | 18 |
| 9 | Openheid | 19 |
| 10 | Zo citeer je deze studie | 19 |
| 11 | Wijzigingen en correcties | 20 |

# 1 Kernresultaten

**80 bots**

**Paper met Aikar-flags**

Paper bleef gemiddeld over het meetvenster in alle drie de herhalingen tot 80 bots onder de vooraf vastgelegde grens van 50 ms p95-MSPT, in één ervan tot 85. Met gemiddeld minstens 19,5 TPS als strengere grens waren het in alle drie de herhalingen 80.

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet · laeufe.csv, Veld kapazitaet_tps · Bron [1]

**75 bots**

**Purpur, bij de capaciteit van Paper niet te onderscheiden**

Purpur bereikte 75 tot 80 bots. Het bereik overlapt met dat van Paper (80 tot 85), daarom wijst deze meting geen verschil tussen beide uit.

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet

**65 bots**

**Fabric met Lithium**

Fabric met Lithium bereikte 65 tot 70 bots. Dat ligt boven Vanilla en onder Paper en Purpur; de bereiken overlappen in beide richtingen niet.

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet

**55 bots**

**Vanilla**

Vanilla bleef gemiddeld over het meetvenster in alle drie de herhalingen tot 55 bots onder 50 ms p95-MSPT. Met gemiddeld over het meetvenster minstens 19,5 TPS waren het slechts 50.

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet · laeufe.csv, Veld kapazitaet_tps

**16,31 TPS**

**De MSPT-grens alleen is niet genoeg**

Bij 55 bots lag Vanilla gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms p95-MSPT, maar draaide slechts met 16,31 tot 17,16 in plaats van 20 ticks per seconde. Daarom vermeldt deze studie naast de vooraf vastgelegde capaciteit ook de capaciteit bij minstens 19,5 TPS.

Bewijs: daten.csv, Veld tps · Bron [2]

**80 bots**

**Standaard-G1 en Aikar-flags: geen aangetoond capaciteitsverschil**

Paper met standaard-G1 bereikte 80 tot 85 bots, met Aikar-flags eveneens 80 tot 85. Bij de capaciteit is er geen aangetoond verschil. Aanvullend waargenomen: bij de p99-waarde lagen de Aikar-flags in 7 van de 13 gemeenschappelijke stappen gescheiden lager, standaard-G1 in geen enkele. De Aikar-runs lagen gemiddeld eerder in de volgorde, een deel van het verschil kan daarom voortkomen uit de drift over de meetnacht (zie beperkingen).

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet · p99-aikar-g1.csv, Veld spieler · Bron [1]

**70 bots**

**Generational ZGC lag lager**

Paper met Generational ZGC bereikte in alle drie de herhalingen 70 bots en daarmee minder dan met standaard-G1 of Aikar-flags (elk 80 tot 85). Dit geldt voor dit belastingsprofiel, deze heap en deze Java-versie.

Bewijs: laeufe.csv, Veld kapazitaet · Bron [3]

**18 van 18 runs**

**Alle runs geldig**

Alle 18 runs voldeden aan de vooraf vastgelegde regels. Gemiddeld over een stap bedroeg de CPU-steal hoogstens 0,061 %, de kernen van de belastinggenerator hoogstens 5,72 %.

Bewijs: laeufe.csv, Veld lauf · daten.csv, Veld steal_pct · daten.csv, Veld cpu_bots_pct

## 2 Samenvatting

> **Vraagstelling:** Hoeveel gelijktijdige protocolbots kunnen Vanilla, Paper, Purpur en Fabric met Lithium aan op dezelfde hardware, en hoe sterk beïnvloeden JVM-instellingen het resultaat?

We hebben Vanilla, Paper, Purpur en Fabric met Lithium in Minecraft 26.3 op dezelfde virtuele machine belast. Protocolbots sloten stapsgewijs aan, totdat de server overbelast was. Alle 18 runs waren geldig volgens de vooraf vastgelegde regels.

Als capaciteit geldt het hoogste aantal bots waarbij de p95-tickduur gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms bleef, en wel in alle drie de herhalingen. Paper bereikte 80, Purpur 75, Fabric met Lithium 65 en Vanilla 55 bots. Paper en Purpur zijn bij de vooraf vastgelegde capaciteit niet van elkaar te onderscheiden; bij alle andere programmaparen overlappen de bereiken van de herhalingen elkaar niet.

Bij de JVM-instellingen was er bij Paper geen aangetoond capaciteitsverschil tussen standaard-G1 en de Aikar-flags. Generational ZGC lag met 70 bots lager.

De tickduur alleen toont niet elke overbelasting: Vanilla bleef bij 55 bots gemiddeld onder 50 ms p95, maar haalde slechts 16,31 tot 17,16 in plaats van 20 ticks per seconde. Daarom staat naast elke capaciteit ook de waarde bij gemiddeld minstens 19,5 TPS. De cijfers gelden voor deze VM en dit botprofiel en zijn niet rechtstreeks over te dragen op echte spelers.

## 3 Resultaten

### Zo leest u de resultaten

De vooraf vastgelegde capaciteit berust op de p95-tickduur. De tweede capaciteit eist in plaats daarvan dat de server gemiddeld over het meetvenster minstens 19,5 van 20 ticks per seconde haalt

en alle bots verbonden blijven. Beide noemen de kleinste waarde uit drie herhalingen. Een verschil telt alleen als de bereiken van de herhalingen elkaar niet overlappen.

## Capaciteit van de programma's

Hoogste aantal bots met gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms p95-MSPT in alle drie de herhalingen, allemaal met Aikar-flags.




## Capaciteit van de programma's bij minstens 19,5 TPS

Achteraf aangevuld: hoogste aantal bots met gemiddeld minstens 19,5 TPS in alle drie de herhalingen.




## Capaciteit van Paper per JVM-profiel

Hoogste aantal bots met gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms p95-MSPT in alle drie de herhalingen.



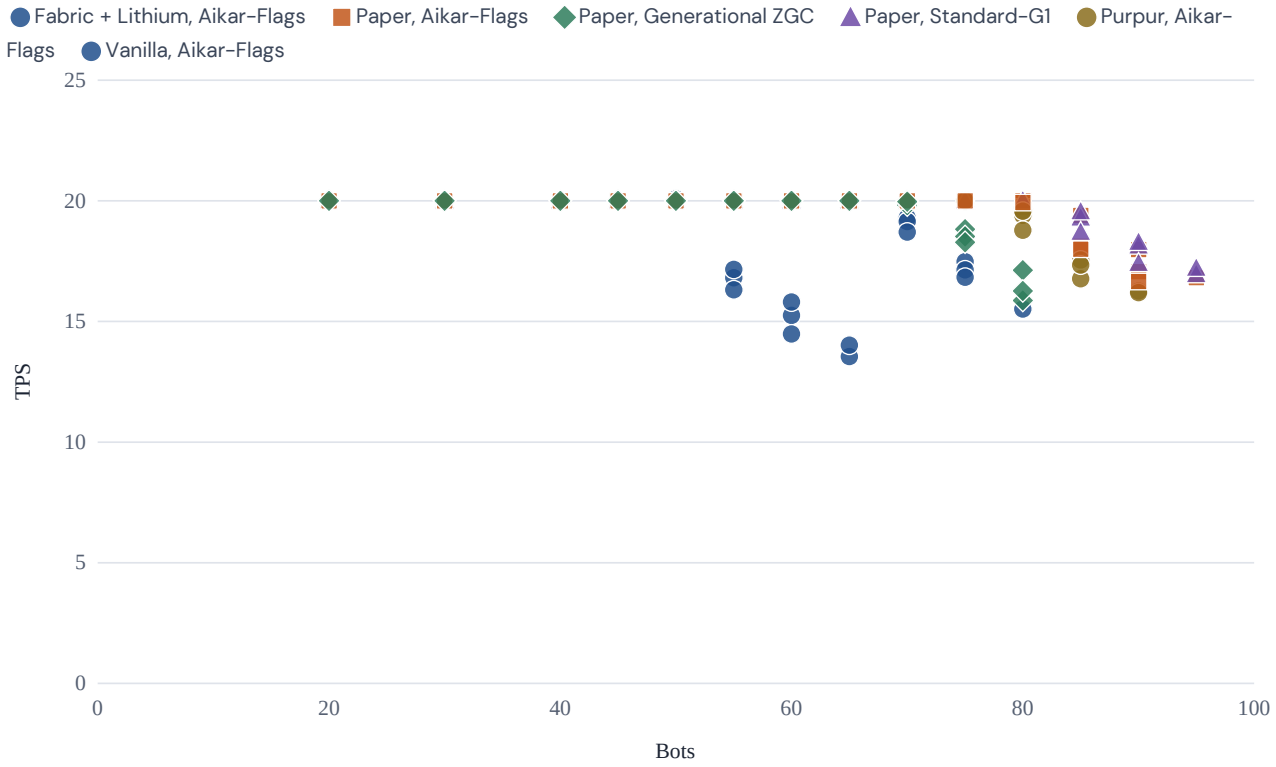
## p95-tickduur per stap

Elk punt is een stap van een run, weergegeven als gemiddelde van het meetvenster. De grens van 50 ms geldt voor dit gemiddelde.



## Werkelijke kloksnelheid per stap

Elk punt is een stap van een run. Het doel is 20 ticks per seconde.




## Alle combinaties

| Combinatie | Capaciteit | Hoogste run | Bij 19,5 TPS | Hoogste run (TPS) | p95 bij 50, min | p95 bij 50, max | p99 bij 50, min | p99 bij 50, max |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Paper, Aikar-Flags | 80 | 85 | 80 | 80 | 27,8 ms | 29,8 ms | 31,2 ms | 33,4 ms |
| Paper, Standard-G1 | 80 | 85 | 80 | 85 | 28,3 ms | 29,5 ms | 34,4 ms | 36,1 ms |
| Purpur, Aikar-Flags | 75 | 80 | 75 | 80 | 29,4 ms | 31,0 ms | 33,2 ms | 35,0 ms |
| Paper, Generational ZGC | 70 | 70 | 70 | 70 | 34,1 ms | 35,4 ms | 39,9 ms | 40,3 ms |
| Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65 | 70 | 65 | 65 | 36,1 ms | 37,3 ms | 43,4 ms | 45,0 ms |
| Vanilla, Aikar-Flags | 55 | 55 | 50 | 50 | 42,7 ms | 43,5 ms | 50,2 ms | 55,1 ms |

## Alle 18 runs

| Nr. | Combinatie | Herh. | Capaciteit | TPS daar | Bij 19,5 TPS | Geldig |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Paper, Aikar-Flags | 2 | 85 | 19,40 | 80 | Ja |
| 2 | Paper, Aikar-Flags | 1 | 80 | 19,74 | 80 | Ja |
| 3 | Paper, Generational ZGC | 1 | 70 | 20,00 | 70 | Ja |
| 4 | Purpur, Aikar-Flags | 1 | 80 | 19,40 | 75 | Ja |
| 5 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 2 | 70 | 19,30 | 65 | Ja |
| 6 | Purpur, Aikar-Flags | 2 | 75 | 20,00 | 75 | Ja |
| 7 | Paper, Standard-G1 | 2 | 85 | 19,30 | 80 | Ja |
| 8 | Vanilla, Aikar-Flags | 3 | 55 | 16,81 | 50 | Ja |
| 9 | Vanilla, Aikar-Flags | 1 | 55 | 16,31 | 50 | Ja |
| 10 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 3 | 65 | 20,00 | 65 | Ja |
| 11 | Paper, Standard-G1 | 3 | 85 | 19,56 | 85 | Ja |
| 12 | Vanilla, Aikar-Flags | 2 | 55 | 17,16 | 50 | Ja |
| 13 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 1 | 65 | 20,01 | 65 | Ja |
| 14 | Paper, Standard-G1 | 1 | 80 | 20,01 | 80 | Ja |
| 15 | Paper, Generational ZGC | 3 | 70 | 19,82 | 70 | Ja |
| 16 | Purpur, Aikar-Flags | 3 | 80 | 19,57 | 80 | Ja |
| 17 | Paper, Aikar-Flags | 3 | 80 | 19,93 | 80 | Ja |
| 18 | Paper, Generational ZGC | 2 | 70 | 19,97 | 70 | Ja |

## Paarvergelijkingen

Een verschil geldt als aangetoond als de bereiken van de drie herhalingen elkaar niet overlappen.

| Kengetal | A | A min | A max | B | B min | B max | Aangetoond |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kapazitaet_p95 | Vanilla, Aikar-Flags | 55,0 | 55,0 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 85,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Vanilla, Aikar-Flags | 50,0 | 50,0 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 80,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 42,7 | 43,5 | Paper, Aikar-Flags | 27,8 | 29,8 | Ja |
| p99_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 50,2 | 55,1 | Paper, Aikar-Flags | 31,2 | 33,4 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Vanilla, Aikar-Flags | 55,0 | 55,0 | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Vanilla, Aikar-Flags | 50,0 | 50,0 | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 42,7 | 43,5 | Purpur, Aikar-Flags | 29,4 | 31,0 | Ja |
| p99_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 50,2 | 55,1 | Purpur, Aikar-Flags | 33,2 | 35,0 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Vanilla, Aikar-Flags | 55,0 | 55,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 70,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Vanilla, Aikar-Flags | 50,0 | 50,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 65,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 42,7 | 43,5 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 36,1 | 37,3 | Ja |
| p99_bei_50 | Vanilla, Aikar-Flags | 50,2 | 55,1 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 43,4 | 45,0 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 85,0 | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Nein |
| kapazitaet_tps | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 80,0 | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Nein |
| p95_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 27,8 | 29,8 | Purpur, Aikar-Flags | 29,4 | 31,0 | Nein |
| p99_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 31,2 | 33,4 | Purpur, Aikar-Flags | 33,2 | 35,0 | Nein |
| kapazitaet_p95 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 85,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 70,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 80,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 65,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 27,8 | 29,8 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 36,1 | 37,3 | Ja |
| p99_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 31,2 | 33,4 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 43,4 | 45,0 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 70,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Purpur, Aikar-Flags | 75,0 | 80,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 65,0 | 65,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Purpur, Aikar-Flags | 29,4 | 31,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 36,1 | 37,3 | Ja |
| p99_bei_50 | Purpur, Aikar-Flags | 33,2 | 35,0 | Fabric + Lithium, Aikar-Flags | 43,4 | 45,0 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 85,0 | Paper, Standard-G1 | 80,0 | 85,0 | Nein |
| kapazitaet_tps | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 80,0 | Paper, Standard-G1 | 80,0 | 85,0 | Nein |
| p95_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 27,8 | 29,8 | Paper, Standard-G1 | 28,3 | 29,5 | Nein |
| p99_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 31,2 | 33,4 | Paper, Standard-G1 | 34,4 | 36,1 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 85,0 | Paper, Generational ZGC | 70,0 | 70,0 | Ja |

| Kengetal | A | A min | A max | B | B min | B max | Aangetoond |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| kapazitaet_tps | Paper, Aikar-Flags | 80,0 | 80,0 | Paper, Generational ZGC | 70,0 | 70,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 27,8 | 29,8 | Paper, Generational ZGC | 34,1 | 35,4 | Ja |
| p99_bei_50 | Paper, Aikar-Flags | 31,2 | 33,4 | Paper, Generational ZGC | 39,9 | 40,3 | Ja |
| kapazitaet_p95 | Paper, Standard-G1 | 80,0 | 85,0 | Paper, Generational ZGC | 70,0 | 70,0 | Ja |
| kapazitaet_tps | Paper, Standard-G1 | 80,0 | 85,0 | Paper, Generational ZGC | 70,0 | 70,0 | Ja |
| p95_bei_50 | Paper, Standard-G1 | 28,3 | 29,5 | Paper, Generational ZGC | 34,1 | 35,4 | Ja |
| p99_bei_50 | Paper, Standard-G1 | 34,4 | 36,1 | Paper, Generational ZGC | 39,9 | 40,3 | Ja |

# 4 Methode

1 **Programma's vastleggen**

Alle programma's draaiden op Minecraft 26.3. Java, serverprogramma's en Lithium werden gecontroleerd met de gepubliceerde controlesom. Voor de Fabric-starter bestaat geen gepubliceerde controlesom; daar is de eigen SHA-256-waarde vastgelegd. De server.properties waren voor alle programma's gelijk, de overige instellingen bleven op de standaardwaarden van het betreffende programma. De enige andere wijziging betreft Paper en Purpur: de verbindingsbeperking per IP-adres werd uitgeschakeld, omdat alle bots van hetzelfde loopback-adres komen. Lithium beschrijft zichzelf als optimalisatiemod die de spelmechaniek niet zou moeten veranderen (bron 4), Purpur als directe vervanger van Paper (bron 5).

2 **Eén gemeenschappelijke wereld**

De ongewijzigde Vanilla-server genereerde met seed 20261121 eenmalig een wereld met 31.329 volledig gegenereerde chunks. Elke run startte vanaf een verse kopie van deze wereld.

3 **Gescheiden kernen**

De server draaide vast op de kernen 0 tot 3, de belastinggenerator op de kernen 4 tot 6. Het meetscript was niet aan een kern gebonden. Tijdens de meting werden de ruwe gegevens om de 15 minuten met de laagste prioriteit op kern 7 ingepakt. De vermelding messung: 7 in plan.json is niet als kernbinding doorgevoerd. Server en RCON waren alleen bereikbaar op het loopback-adres, online-mode=false was alleen in deze geïsoleerde opzet ingesteld. De Minecraft-EULA is voor deze testservers door Erik Friedl geaccepteerd.

4 **Protocolbots**

Een eigen lichte client spreekt het echte netwerkprotocol van versie 26.3: aanmelding, configuratie, spelfase, keep-alive en teleportbevestigingen. Chunkbevestigingen verstuurt de client wanneer hij een chunk-batchmelding herkent. Dat was bij Vanilla en Fabric het geval, bij Paper en Purpur telde hij in geen enkele run een dergelijke melding. De door mineflayer gebruikte protocoldatabase kende versie 26.3 ten tijde van de meting nog niet. Elke bot heeft een vaste seed, verstuurt met een doeltempo van 20 positiepakketten per seconde en beweegt zich met loopsnelheid (0,2158 blokken per tik) tussen willekeurige waypoints. Telkens zes bots vormen een groep, de groepen liggen 256 blokken uit elkaar. De bots vliegen in de creatieve modus op hoogte 120.

5 **Stappen en meetvenster**

De stappen waren 20, 30 en 40 bots, daarna in stappen van vijf. Na het aansluiten volgden 60 seconden inlooptijd en 120 seconden meetvenster met één meting elke 5 seconden. Een run eindigde na twee stappen boven de grens of onder 15 TPS.

6 **Meetgrootheden**

MSPT p50, p95 en p99 kwamen bij alle programma's uit het commando /tick query via RCON, dat de laatste 100 ticks evalueert. De waarde per stap is het gemiddelde van deze blokken in het meetvenster. De TPS werden berekend uit de voortgang van de speltijd. Daarbij kwamen het RAM van het Java-proces, de CPU per kerngroep, de CPU-steal en het via de spelerslijst bevestigde aantal bots.

7 **Voorruns vóór het plan**

Vóór de vaststelling van het plan liepen twee pilotruns (Paper, Vanilla) en korte proefruns van alle combinaties. Daarna werden het stapraster en de meettijden vastgelegd; de grens van 50 ms stond al eerder vast. De voorruns vloeien niet in de evaluatie.

8 **Geldigheid**

Vooraf vastgelegd: CPU-steal onder 2 %, belastinggenerator onder 70 % CPU en onder 20 ms timervertraging (p99), volledige metingen, alle bots verbonden zolang de server niet overbelast is, en twee steekproefbots bewegen aantoonbaar in het meetvenster. Ongeldige runs zouden herhaald zijn; er waren er geen.

9 **Capaciteit en verschillen**

Vooraf vastgelegd: de capaciteit van een run is de hoogste stap tot waar alle stappen gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms p95-MSPT blijven en alle bots verbonden zijn. De capaciteit van een combinatie is de kleinste waarde van haar drie runs. Een verschil geldt alleen als de bereiken van de herhalingen elkaar niet overlappen.

### 10 Latere aanvulling

Na de meting bleek dat de kloksnelheid deels al onder 20 TPS zakte, terwijl de p95-tickduur gemiddeld nog onder 50 ms lag. Daarom werden aanvullend de capaciteit bij minstens 19,5 TPS en de kengetallen bij 50 bots geëvalueerd. Stap 50 is de hoogste waarin alle combinaties gemiddeld over het meetvenster nog minstens 19,5 TPS haalden. Deze evaluaties waren niet vooraf vastgelegd en zijn in de gegevens als zodanig gemarkeerd.

### Meetopzet

| | |
|---|---|
| Spelversie | Minecraft 26.3 (protocol 777) |
| Vanilla | 26.3 |
| Paper | 26.3, build 257 |
| Purpur | 26.3, build 2660 |
| Fabric | Loader 0.20.1, installer 1.1.2 |
| Lithium | 0.26.4 voor 26.3 |
| Java | Temurin 25.0.5.1+2 |
| Heap | 10 GB (Xms gelijk aan Xmx) |
| JVM-profiel standaard-G1 | -XX:+UseG1GC |
| JVM-profiel Aikar-flags | Flags volgens de PaperMC-documentatie |
| JVM-profiel Generational ZGC | -XX:+UseZGC |
| Virtuele machine | 8 vCPU onder KVM, 31,3 GiB RAM, 100 GiB virtuele harde schijf, Debian 12 |
| Gemelde CPU | QEMU Virtual CPU, AuthenticAMD; het fysieke model is vanuit de VM niet vast te stellen |
| Kernen | Server 0 tot 3, bots 4 tot 6, back-up 7, meetscript ongebonden |
| Zichtafstand | 10 chunks, simulatieafstand 10 chunks |
| Spelmodus | Creatief, moeilijkheid normaal |
| Meetperiode | 21.11.2026, 20:12 UTC tot 22.11.2026, 06:59 UTC |

## 5 Steekproef en periode

| | |
|---|---|
| Periode | 21-11-2026 tot 22-11-2026 |
| Populatie van de studie | 18 Meetruns |
| Geëvalueerd | 18 Meetruns |
| Selectie | Zes combinaties van programma en JVM-profiel met elk drie herhalingen, in een vooraf vastgelegde willekeurige volgorde. |

## 6 Grenzen van wat de studie kan aantonen

**Bots zijn geen spelers.** De bots vliegen, bouwen niet, vechten niet, chatten niet, gebruiken geen inventaris en activeren geen redstoneschakelingen. Echte spelers veroorzaken een andere belasting. De absolute aantallen bots zijn daarom niet over te dragen op een echte server. De wereld was vooraf gegenereerd en de bots verlieten dit gebied niet. De belasting door het genereren van nieuwe chunks is daarom niet inbegrepen.

**Eén VM.** Er is gemeten op één enkele virtuele machine met vier kernen voor de server. Op andere hardware vallen de waarden anders uit, ook de afstanden tussen de programma's kunnen veranderen.

**Eén testprofiel.** Er was één wereld, één seed, één bewegingsprofiel en behalve Lithium geen mods of plugins. De programma's zijn niet afzonderlijk geoptimaliseerd. Met een aangepaste configuratie of een andere belasting kan de volgorde er anders uitzien. De dag-nachtwisseling liep mee. Omdat alle runs hetzelfde tijdschema volgen, vallen bepaalde stappen altijd in de nacht. De invloed is in deze meting niet apart vastgelegd.

**Verschillende standaardconfiguratie.** De standaardconfiguratie van Paper en Purpur bevat de instelling entity-activation-range (dieren en monsters 32 blokken), die in de sjablonen van Vanilla en Fabric ontbreekt. Of alle programma's hetzelfde simulatiewerk hebben berekend, is niet gecontroleerd, aantallen entiteiten zijn niet vastgelegd.

**MSPT en TPS wijken af.** Bij Vanilla lag de p95-tickduur bij 55 bots gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms, de kloksnelheid echter bij 16,31 tot 17,16 TPS. De oorzaak is niet onderzocht. Bij Vanilla ligt de vooraf vastgelegde capaciteit daarom 5 bots boven de waarde bij minstens 19,5 TPS. Bij de vijf andere combinaties komen beide kleinste waarden overeen.

**Gemiddelden in plaats van afzonderlijke waarden.** De grens van 50 ms geldt voor het gemiddelde van de blokken van 100 ticks in het meetvenster. In 13 van de 18 runs lag in de capaciteitsstap minstens één afzonderlijk blok op 50 ms of hoger, hoogstens op 54,2 ms. Ook de grens van 19,5 TPS geldt voor het gemiddelde van het meetvenster. In de stappen van de capaciteit bij minstens 19,5 TPS lagen afzonderlijke metingen van 5 seconden daaronder, het laagst bij 17,62 TPS (Vanilla, 50 bots).

**Drift over de meetnacht.** Bij hetzelfde aantal bots steeg de p95-tickduur met de positie in de runvolgorde, bij 50 bots met ongeveer 0,11 ms per run (achteraf geëvalueerd). De oorzaak is in deze meting niet onderzocht. De volgorde was willekeurig, maar niet in blokken gebalanceerd, daarom bevat de spreiding van de herhalingen ook dit effect.

**Achteraf toegevoegde kengetallen.** De capaciteit bij minstens 19,5 TPS, de vergelijkingsstap met 50 bots en de p99-vergelijking tussen Aikar-flags en standaard-G1 zijn pas gekozen nadat de gegevens bekend waren. Het zijn aanvullende waarnemingen en geen vooraf vastgelegde toetsen.

**Grof raster, drie herhalingen.** De stappen liggen in het relevante bereik vijf bots uit elkaar, kleinere verschillen zijn niet meetbaar. Drie herhalingen per combinatie tonen de spreiding slechts grof. Een statistische toets is niet uitgevoerd.

**RAM-waarden niet vergelijkbaar.** De Aikar-flags bevatten AlwaysPreTouch, dat het geheugen al bij het starten reserveert (bron 1). Het gemeten werkgeheugen hangt daarom af van de JVM-instelling en toont niet de behoefte van het programma. Deze studie doet geen uitspraak over welk programma minder RAM nodig heeft.

**JVM-vergelijking alleen bij Paper.** De drie JVM-profielen zijn alleen gemeten met Paper, een heap van 10 GB en Java 25. De programmavergelijking liep alleen met Aikar-flags. Beide resultaten zijn niet zonder meer over te dragen op andere combinaties.

**Momentopname.** De resultaten gelden voor de genoemde versies en builds. Latere versies kunnen zich anders gedragen.

## 7 Data en controleerbaarheid

Om de meting te herhalen is een Linux-machine nodig met acht kernen en ongeveer 32 GB RAM zoals hier, Node.js en Python 3. De scripts verwachten de werkmap /root/studien/haertetest, downloaden Java en dezelfde programmaversies zolang die downloads beschikbaar zijn, controleren de controlesommen, genereren de wereld en voeren het meetplan uit. Seed, volgorde, stappen en regels staan in plan.json. Andere hardware, andere builds of een andere belasting van het hostsysteem leiden tot andere absolute waarden.

| Bestand | Grootte | SHA-256 |
|---|---|---|
| daten.csv<br>Meetwaarden per stap (CSV) | 35,6 KB | a2c2bfdfcc8ddfce2f6eac4044c15aeb<br>ed57f4d0fab95b8a48af72c47e2f9e9e |
| daten.json<br>Meetwaarden per stap (JSON) | 94,6 KB | f798d400aba35617cf30f8c0cd2ad07c<br>f6aace6e19e02300a0a1b822c6ac980e |
| laeufe.csv<br>Resultaat per run | 2,7 KB | 3a7f0af91987e982f8e95f97c60ef833<br>0ea9ba8a9f4688e76c64f8514b3486d1 |
| zusammenfassung.csv<br>Resultaat per combinatie | 1,1 KB | 8ba8269c39e20d767c2a8c87dfb805fd<br>0d937bb59bd448680f23401f0e66bd88 |
| vergleiche.csv<br>Paarvergelijkingen | 4,7 KB | 99575f03f6a3f2075bcd20426a18e86d<br>6d14ad5410618ebb101050c3fabcda9d |
| p99-aikar-g1.csv<br>p99 Aikar-flags en standaard-G1 | 0,5 KB | 4d0b6c017068a81642cddc339b1623f2<br>71d5d543abaf0ea9e4722152907e64ac |
| proben.csv<br>Afzonderlijke metingen | 517,9 KB | 7fa08cf87e94c1e58c680ae9cec668ba<br>6d56da228bda6be08849d8232db27c33 |

| Bestand | Grootte | SHA-256 |
|---|---|---|
| plan.json<br>Meetplan | 5,9 KB | cc335b804f52374f6c77afda5c55dd19<br>dbf5fa03d595c8f3a9bb72cedd569192 |
| messprotokoll.txt<br>Meetlogboek | 8,1 KB | f234fa1d0a16b312777dd0b93fb12f0e<br>b13161fbdbb13125501e034837705a64 |
| herkunft.txt<br>Herkomst van de programma's | 1,4 KB | 5f9e921b1c4fe697d2e676b7b5777eee<br>ae784a4c4418b211230e7ac333bb676d |
| liesmich.txt<br>Leesmij | 1,4 KB | 8a444fae54933207d6f896459ac23511<br>c541a656d0fc2da2a26b2f69091f0935 |
| 01-einrichten.sh<br>Installatie | 3,4 KB | 27627241f4e7964be26e9b3ac2b3c1de<br>74482e323348569f6e7ba6e9290b7ea9 |
| 02-vorlagen.py<br>Wereld en sjablonen | 4,1 KB | fc70d06d68b18d70425e0987794f06da<br>257659424a168433c2048577258d4cd5 |
| 03-plan.py<br>Meetplan | 3,5 KB | 773d40d0d4dd1323c748a8c383ecf1ff<br>b0fb91299cbea545f21144dfa083a034 |
| gemeinsam.py<br>Gemeenschappelijke onderdelen | 5,3 KB | da16b51f5b78fd55c070c1eaa9b43485<br>cd7fd1654ce8c47e71df87b26bcb7e20 |
| messlauf.py<br>Meetrun | 10,9 KB | 395ec326a334855d03a333879da16f90<br>0730d0307f06065f078f79af8de21637 |
| hauptlauf.py<br>Hoofdmeting | 4,6 KB | 7b1602088aba30734e706e35ab894d4c<br>918a91eec8b0846a68a2ee392c6cec2f |
| bots.mjs<br>Belastinggenerator | 14,3 KB | 6fa44c58b3c56a31fb77fb19602cc06a<br>ab93f08e8e8984a40bb95f2ad1064a10 |
| welt-pruefen.py<br>Wereldcontrole | 1,5 KB | e0bb7dcc1e2327e9b916355b3e3dba55<br>2751a2f6c13989ffd07f10c234c0940e |
| auswertung.mjs<br>Evaluatie | 10,0 KB | 42dc3452a2061bad7ede2d84610cdf8c<br>8ef3adb5e7c6c7b8593c502aa2b85a33 |
| baue-studie.mjs<br>Studiebouw | 39,2 KB | c0e76feab583afa11baf3bbce105203f<br>4a3ebcf57e66adf44380bb7854a8b90b |

## Velden van de databestanden

| Veld | Eenheid | Betekenis |
|---|---|---|
| lauf | | Identificatie van de meetrun met positie in de willekeurige volgorde |
| kombination | | Identificatie uit programma en JVM-profiel |
| anzeige | | Leesbare naam van de combinatie |
| programm | | Serverprogramma |
| jvm | | JVM-profiel |

| Veld | Eenheid | Betekenis |
|---|---|---|
| wiederholung | | Nummer van de herhaling, 1 tot 3 |
| versuch | | Poging binnen de herhaling, 1 is de eerste |
| reihenfolge | | Positie in de vastgelegde willekeurige volgorde |
| gueltig | | Run voldoet aan alle vooraf vastgelegde geldigheidsregels |
| lauf_gueltig | | De bijbehorende run is geldig |
| spieler | Bots | Doelaantal bots in deze stap |
| spieler_min | Bots | Kleinste in het meetvenster via de spelerslijst bevestigde aantal bots |
| spieler_verbunden | Bots | Via de spelerslijst bevestigd aantal bots in deze meting |
| unter_grenze | | p95-MSPT gemiddeld over het meetvenster onder 50 ms en alle bots verbonden |
| p50_ms | ms | Mediaan van de tickduur; in stappen gemiddelde van de blokken van 100 ticks |
| p95_ms | ms | 95e percentiel van de tickduur; in stappen gemiddelde van de blokken van 100 ticks |
| p95_max_ms | ms | Hoogste p95-waarde van een blok van 100 ticks in het meetvenster |
| p99_ms | ms | 99e percentiel van de tickduur; in stappen gemiddelde van de blokken van 100 ticks |
| mspt_mittel_ms | ms | Gemiddelde tickduur volgens /tick query |
| tps | Ticks/s | Werkelijke kloksnelheid uit de voortgang van de speltijd; in stappen gemiddelde van het meetvenster |
| tps_min | Ticks/s | Laagste kloksnelheid van een meting van 5 seconden in het meetvenster |
| ram_gb | GiB | Bezet werkgeheugen van het Java-proces (RSS) |
| cpu_server_pct | % | Gemiddelde belasting van de vier serverkernen |
| cpu_bots_pct | % | Gemiddelde belasting van de drie kernen van de belastinggenerator |
| steal_pct | % | CPU-steal over alle acht kernen |
| bots_verzug_p99_ms | ms | Hoogste p99-vertraging van de timers in de belastinggenerator |
| getrennt | Bots | Tot deze stap onverwacht verbroken bots |
| proben | | Aantal metingen van 5 seconden in het meetvenster |

| Veld | Eenheid | Betekenis |
|---|---|---|
| zeit_unix | s | Tijdstip van de meting als Unix-tijd |
| erste_ueberlast | Bots | Eerste stap waarvan de gemiddelde p95-MSPT boven de grens van 50 ms ligt |
| kapazitaet | Bots | Vooraf vastgelegde capaciteit; in de samenvatting kleinste waarde van de drie runs |
| tps_bei_kapazitaet | Ticks/s | Gemiddelde kloksnelheid in de capaciteitsstap |
| kapazitaet_tps | Bots | Hoogste stap tot waar alle stappen gemiddeld over het meetvenster minstens 19,5 TPS aanhielden; in de samenvatting kleinste waarde |
| kapazitaet_tps_190 | Bots | Zoals kapazitaet_tps, met 19,0 TPS als grens |
| kapazitaet_tps_198 | Bots | Zoals kapazitaet_tps, met 19,8 TPS als grens |
| p95_bei_50_ms | ms | p95-MSPT in de stap met 50 bots |
| p99_bei_50_ms | ms | p99-MSPT in de stap met 50 bots |
| tps_bei_50 | Ticks/s | Kloksnelheid in de stap met 50 bots |
| stufen_gemessen | | Aantal gemeten stappen van de run |
| ungueltig_grund | | Reden bij ongeldige runs, anders leeg |
| im_programmvergleich | | Combinatie hoort bij de vergelijking van de programma's |
| im_jvm_vergleich | | Combinatie hoort bij de vergelijking van de JVM-profielen |
| laeufe_gueltig | | Geldige runs van de combinatie |
| laeufe_ungueltig | | Ongeldige runs van de combinatie |
| kapazitaet_median | Bots | Mediaan van de capaciteit over de runs |
| kapazitaet_max | Bots | Grootste capaciteitswaarde van de runs |
| kapazitaet_tps_median | Bots | Mediaan van kapazitaet_tps |
| kapazitaet_tps_max | Bots | Grootste waarde van kapazitaet_tps |
| tps_bei_kapazitaet_min | Ticks/s | Laagste kloksnelheid bij de capaciteit over de runs |
| p95_bei_50_min_ms | ms | Kleinste p95-waarde bij 50 bots |
| p95_bei_50_max_ms | ms | Grootste p95-waarde bij 50 bots |
| p99_bei_50_min_ms | ms | Kleinste p99-waarde bij 50 bots |
| p99_bei_50_max_ms | ms | Grootste p99-waarde bij 50 bots |
| ram_bei_50_gb | GiB | Gemiddelde RSS bij 50 bots |
| cpu_bei_50_pct | % | Gemiddelde belasting van de serverkernen bij 50 bots |

| Veld | Eenheid | Betekenis |
|---|---|---|
| vergleich | | Programmavergelijking of JVM-vergelijking |
| kennzahl | | Vergeleken kengetal |
| regel | | Of het kengetal vooraf is vastgelegd of achteraf is aangevuld |
| a | | Eerste combinatie |
| a_min | | Kleinste waarde van de eerste combinatie |
| a_max | | Grootste waarde van de eerste combinatie |
| b | | Tweede combinatie |
| b_min | | Kleinste waarde van de tweede combinatie |
| b_max | | Grootste waarde van de tweede combinatie |
| unterschied_belegt | | De bereiken van de herhalingen overlappen elkaar niet |
| besser | | Combinatie met de gunstigere waarde, alleen bij aangetoond verschil |
| aikar_min | ms | Kleinste p99-waarde met Aikar-flags in de stap |
| aikar_max | ms | Grootste p99-waarde met Aikar-flags in de stap |
| g1_min | ms | Kleinste p99-waarde met standaard-G1 in de stap |
| g1_max | ms | Grootste p99-waarde met standaard-G1 in de stap |
| aikar_niedriger | | Alle drie de Aikar-waarden liggen onder alle drie de G1-waarden |
| g1_niedriger | | Alle drie de G1-waarden liggen onder alle drie de Aikar-waarden |

# 8 Bronnen

[1] PaperMC (2026): Aikar's flags.
https://docs.papermc.io/paper/aikars-flags/
Opgehaald op 21-11-2026

[2] Minecraft Wiki (2026): Commands/tick.
https://minecraft.wiki/w/Commands/tick
Opgehaald op 21-11-2026

[3] OpenJDK: JEP 490: ZGC: Remove the Non-Generational Mode.
https://openjdk.org/jeps/490
Opgehaald op 21-11-2026

[4] Lithium-Projekt auf Modrinth (2026): Lithium.
https://modrinth.com/mod/lithium
Opgehaald op 21-11-2026

[5] PurpurMC: Purpur Documentation.
https://purpurmc.org/docs/purpur/
Opgehaald op 21-11-2026

## 9 Openheid

### Eigen belang

Nexthosting verkoopt zelf gameservers, waaronder servers voor Minecraft, en heeft daarom een economisch belang bij dit onderwerp. Geen van de geteste programma's is afkomstig van Nexthosting. De meting liep op een door Nexthosting bestelde test-VM. De studie beoordeelt geen aanbod van hosters. Verantwoordelijk voor deze studie is Nexthosting, contact: support@nexthosting.net.

### Auteurschap

Erik Friedl, Nexthosting. Uitgever is Nexthosting.

### Licentie

CC BY 4.0: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.nl

## 10 Zo citeer je deze studie

### APA

Friedl, E. & Nexthosting. (2026). Serverstresstest: hoeveel protocolbots dragen Vanilla, Paper, Purpur en Fabric met Lithium? (Versie 1.0.0) [Rapport]. Nexthosting. https://nexthosting.net/nl/onderzoeken/server-haertetest-minecraft

### BibTeX

```
@techreport{nexthosting2026serverhaertetestminecraft,
  author     = {Erik Friedl and {Nexthosting}},
  title      = {Serverstresstest: hoeveel protocolbots dragen Vanilla, Paper, Purpur en Fabric met Lithium?},
  institution= {Nexthosting},
  type       = {Studie},
  year       = {2026},
  version    = {1.0.0},
  url        = {https://nexthosting.net/nl/onderzoeken/server-haertetest-minecraft},
  urldate    = {2026-11-22},
  language   = {dutch}
}
```

# 11 Wijzigingen en correcties

| Versie | Datum | Soort | Wijziging |
|---|---|---|---|
| 1.0.0 | 22-11-2026 | Versie | Eerste versie. |